

明 細 書

光ファイバ伝送路

技術分野

- [0001] 本発明は、高出力の光を光ファイバに伝送した時に生じる、ファイバヒューズ現象で生じる延焼を遮断する光ファイバ伝送路に関する。

背景技術

- [0002] 近年、様々な地域で、FTTH(Fiber To The Home)計画の導入が始まり、各家庭での高速インターネットの利用が急速に普及してきている。このような状況において、光ファイバ通信ネットワークをますます充実させる必要性が高まった。その手段として、例えば波長分割多重(WDM;Wavelength Division Multiplex)方式などが用いられるようになってきている。

WDM方式を利用するには、伝送される信号に、従来に比べてはるかに高い光パワーを必要とする。例示すれば、数Wオーダーの光パワーを必要とする。故に、光伝送用の光ファイバの端面が焼損したり、光伝送路の中でも光パワー耐性の低い箇所ではコアが焼損するという現象が生じることがある。

光伝送路の中において光パワー耐性の低い箇所でコアが焼損すると、焼損部が導火線のように光源方向に向かって連鎖的に延焼してゆくファイバヒューズ現象が発生する(例えば、非特許文献1、非特許文献2参照)。

このようなファイバヒューズ現象による延焼は、一度発生すると融着接続部やコネクタ接続部を乗り越えて光源まで達する。最終的には送信機や増幅器等の機器類を破損させてしまう虞もある。

ところで、ファイバヒューズ現象は、高温、高い光パワー密度、機器類での光の吸収が発生要因とされている。例えば融着接続部においては接続部の不整合が原因になる。また、着脱コネクタ接続点においては、しばしば端面の汚れによって光が吸収され、温度が上昇してファイバヒューズ現象が発生しやすくなる。このようにファイバヒューズ現象は光の吸収体を含む部分において発生しやすくなるのでコアガラス中に配合されたドーパント、例えばGeなどもその発生要因になり得る。

また、光のパワーについては同じパワー値であっても、伝搬モードの実効断面積が小さい方がパワー密度が高くなる。実効断面積はモードフィールド径とほぼ等しいので、モードフィールド径が小さいとファイバヒューズ現象が発生しやすくなる。

上記のようなファイバヒューズ現象に対して従来いくつかの対策が施されている。例えばコネクタ端面においてシングルモードファイバのコア径を拡大して、事前にファイバヒューズ現象の発生を防止する方法や(例えば、特許文献1参照)がある。また、ファイバヒューズ現象が発生した場合にコリメータレンズを用いてその後に生じる延焼を遮断するための装置がある(例えば、特許文献2参照)。

非特許文献1:2003 電子情報通信学会総合大会 C-3-44 184頁

非特許文献2:Technical Digest of Optical Amplifiers & their applicationsTopical meeting, Otaru, Japan, 2003(Optical society of America, Washington, D. C.) TuC4 193-195頁

特許文献1:特開2002-277685号公報

特許文献2:特開2002-323639号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0003] ところで、上記のような従来の技術には、次のような解決すべき課題があった。

特許文献1に開示されたファイバヒューズ現象を防止する方法は、シングルモードファイバに熱を加えて、コア中のGeを拡散させてコア径を拡大するTEC (Thermal Expanted Core)技術を用いている。しかし、コア径が拡大できる範囲には限界があり十分な効果を奏するとは言い難かった。また、TEC技術を用いるので、工程が煩雑となりコストが高くなるという問題もあった。

一方、特許文献2に開示された装置を用いた場合には、コリメータ対による空間伝送部(ファイバ隔絶部)を設けるので装置が大型化する。また、コリメータレンズを用いているので、コストが高くなるという問題があった。

本発明は以上の点に着目してなされたもので、簡易な構成でファイバヒューズ現象で生じる延焼を十分遮断し得る光ファイバ伝送路を提供するものである。

課題を解決するための手段

[0004] 本発明は以上の点を解決するため次の手段を採用する。

[0005] (1) 所定の屈折率を有するコアとその周囲の前記コアよりも屈折率の低いクラッドとからなるシングルモードファイバにより構成される伝送路の途中に、1本または複数本のグレーデッドインデックスファイバが挿入されていることを特徴とする光ファイバ伝送路。

このような構成にすると、ファイバヒューズ現象で生じる延焼を効果的に遮断できる。

[0006] (2) 前記グレーデッドインデックスファイバは前記光ファイバ伝送路の途中において、前記シングルモードファイバに融着接続されていることを特徴とする(1)記載の光ファイバ伝送路。

このように融着接続した場合には、光ファイバの接続部での光反射が生じないので接続損失が少ない。

[0007] (3) 前記挿入されたグレーデッドインデックスファイバは、光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大し、その後、光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少していることを特徴とする(1)に記載の光ファイバ伝送路。

このような構成にすると、ファイバヒューズ現象で生じる延焼をより確実に遮断することができる。

[0008] (4) 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大し、前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは、光のモードフィールド径が伝送路に沿って周期的に変化するときの1周期分の伝送路長を1ピッチと呼ぶとき、2分の1ピッチであることを特徴とする(3)記載の光ファイバ伝送路。

このようにグレーデッドインデックスファイバの長さを2分の1ピッチの長さにすると、モードフィールド径の拡大が最も効率よく行える。

[0009] (5) 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバの長さ、及び、前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは、それぞれ4分の1ピッチであることを特徴とする(4)記載の光ファイバ伝送路。

このような構成にすると、モードフィールド径が最も拡大した部分でグレーデッドインデックスファイバ同士を接続できかつ長さが2分の1ピッチになる。

- [0010] (6) 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバと前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの間に、モードフィールド径が拡大されたシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする(3)に記載の光ファイバ伝送路。

このようにモードフィールド径が拡大されたシングルモードファイバをグレーデッドインデックスファイバの間に挿入すると、安定した拡大されたモードフィールド径が得られる。

- [0011] (7) 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバと前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの間に、前記拡大したグレーデッドインデックスファイバのモードフィールド径よりも小さいモードフィールド径を有するシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする(3)に記載の光ファイバ伝送路。

このような構成にすると、ファイバヒューズ現象で生じる延焼をより確実に遮断できる。

- [0012] (8) 前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は15〜85 μm の範囲にあることを特徴とする(3)に記載の光ファイバ伝送路。

このような構成にすると、ファイバヒューズ現象で生じる延焼を遮断するのに十分なモードフィールド径が得られる。しかも、モードフィールド径がグレーデッドインデックスファイバのコア径よりも小さくなることなく接続損失が増大することもない。

- [0013] (9) 前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は15〜65 μm の範囲にあることを特徴とする(8)に記載の光ファイバ伝送路。

このような構成にすると、接続損失を安定的に小さくすることができる。

- [0014] (10) 前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は、前記光の入射側から4分の1ピッチの長さの場所における、当該グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径の1.5倍以上であることを特徴とする(3)に記載の光ファイバ伝送路。

このような構成にすると、常にモードフィールド径がグレーデッドインデックスファイバのコア内に収まり、光の伝搬状態が劣化する虞がない。

[0015] (11) 前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は、前記光の入射側から4分の1ピッチの長さの場所における、当該グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径の2倍以上であることを特徴とする(10)記載の光ファイバ伝送路。

[0016] (12) 前記グレーデッドインデックスファイバは前記光ファイバ伝送路の途中において、前記シングルモードファイバにコネクタを介して接続されていることを特徴とする(1)記載の光ファイバ伝送路。

このようにコネクタ接続をした場合には、機械的に簡便な接続が行えるので作業効率が極めて高い。

[0017] (13) 前記挿入されたグレーデッドインデックスファイバは、光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大し、その後、光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少していることを特徴とする(12)に記載の光ファイバ伝送路。

[0018] (14) 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大し、前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは、光のモードフィールド径が伝送路に沿って周期的に変化するときの1周期分の伝送路長を1ピッチと呼ぶとき、2分の1ピッチであることを特徴とする(13)記載の光ファイバ伝送路。

[0019] (15) 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバの長さ、及び、前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは、それぞれ4分の1ピッチであることを特徴とする(14)記載の光ファイバ伝送路。

[0020] (16) 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバと前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの間に、モードフィールド径が拡大されたシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする(13)に記載の光ファイバ伝送路。

[0021] (17) 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバと前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少している

グレーデッドインデックスファイバの間に、前記拡大したグレーデッドインデックスファイバのモードフィールド径よりも小さいモードフィールド径を有するシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする(13)に記載の光ファイバ伝送路。

- [0022] (18) 前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は15〜85 μm の範囲にあることを特徴とする(13)に記載の光ファイバ伝送路。
- [0023] (19) 前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は15〜65 μm の範囲にあることを特徴とする(18)に記載の光ファイバ伝送路。
- [0024] (20) 前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は、前記光の入射側から4分の1ピッチの長さの場所における、当該グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径の1.5倍以上であることを特徴とする(13)に記載の光ファイバ伝送路。
- [0025] (21) 前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は、前記光の入射側から4分の1ピッチの長さの場所における、当該グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径の2倍以上であることを特徴とする(20)に記載の光ファイバ伝送路。
- [0026] (22) 前記グレーデッドインデックスファイバは前記光ファイバ伝送路の途中において、前記シングルモードファイバにV溝を介して接続されていることを特徴とする(1)に記載の光ファイバ伝送路。
- このようにV溝接続をした場合は、外径が異なる光ファイバ同士でも簡便に接続することができる。
- [0027] (23) 前記挿入されたグレーデッドインデックスファイバは、光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大し、その後、光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少していることを特徴とする(22)に記載の光ファイバ伝送路。
- [0028] (24) 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大し、前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは、光のモードフィールド径が伝送路に沿って周期的に変化するときの1周期分の伝送路長を1ピッチと呼ぶとき、2分の1ピッチであることを特徴とする(23)に記載の光ファイバ伝送路。
- [0029] (25) 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデ

ックスファイバの長さ、及び、前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは、それぞれ4分の1ピッチであることを特徴とする(24)記載の光ファイバ伝送路。

- [0030] (26) 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバと前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの間に、モードフィールド径が拡大されたシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする(23)に記載の光ファイバ伝送路。
- [0031] (27) 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバと前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの間に、前記拡大したグレーデッドインデックスファイバのモードフィールド径よりも小さいモードフィールド径を有するシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする(23)に記載の光ファイバ伝送路。
- [0032] (28) 前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は15〜85 μm の範囲にあることを特徴とする(23)に記載の光ファイバ伝送路。
- [0033] (29) 前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は15〜65 μm の範囲にあることを特徴とする(28)記載の光ファイバ伝送路。
- [0034] (30) 前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は、前記光の入射側から4分の1ピッチの長さの場所における、当該グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径の1.5倍以上であることを特徴とする(23)に記載の光ファイバ伝送路。
- [0035] (31) 前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は、前記光の入射側から4分の1ピッチの長さの場所における、当該グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径の2倍以上であることを特徴とする(30)記載の光ファイバ伝送路。

図面の簡単な説明

- [0036] [図1]図1は本発明の一実施の形態を説明する断面図である。
- [図2]図2はファイバヒューズ現象を遮断する状況を説明する図である。
- [図3]図3は本発明の他の実施の形態を説明する断面図である。
- [図4]図4はモードフィールド分布を説明する図である。

[図5]図5は本発明のさらに他の実施の形態を説明する断面図である。

[図6]図6は本発明のさらに他の実施の形態を説明する断面図である。

[図7]図7は本発明のさらに他の実施の形態を説明する断面図である。

[図8]図8は本発明のさらに他の実施の形態を説明する断面図である。

[図9]図9は本発明のさらに他の実施の形態を説明する断面図である。

符号の説明

- [0037]
- 1 光ファイバ伝送路
 - 2 伝送用SMF
 - 3 GIF
 - 4 接続部
 - 5 光源
 - 6 ファイバヒューズ現象
 - 7 MFD拡大SMF
 - 8 コネクタ
 - 9 フェルルール
 - 10 アダプタ
 - 11 通常のMFDを有するSMF
 - 12 MFDの小さいSMF

発明を実施するための最良の形態

[0038] 図1は本発明の光ファイバ伝送路の実施例を説明するための断面図である。図1において、本発明の光ファイバ伝送路1では、伝送用のシングルモードファイバ(以下、SMF) 2a、2bの途中にグレーデッドインデックスファイバ(以下、GIF) 3が挿入されている。GIF 3の長さは2分の1ピッチである。GIF中を伝送される光のモードフィールド径(以下、MFD)は、よく知られているように、最小値-最大値-最小値-最大値と、伝送路に沿って周期的に連続的に変化する。この実施例でピッチとは、この一周分の長さを指している。

[0039] 図1に示したとおり、光は、伝送用のシングルモードファイバ(以下、SMF) 2a、GIF 3a、GIF 3b、伝送用のシングルモードファイバ2bという順に、矢印の方向に伝送され

る。ここで、GIF3aのモードフィールド径は、光の入射側から、徐々に拡大されていき、光の入射端から計って、長さが4分の1ピッチのところでも最も大きくなる。GIF3aの長さは、4分の1ピッチに選定されている。GIF3aの出力側にGIF3bを接続する。GIF3bのモードフィールド径は、光の入射側から、徐々に減少していき、光の入射端から計って、長さが4分の1ピッチのところでも最も小さくなる。GIF3aの長さも、4分の1ピッチに選定されている。この出力側に、伝送用のシングルモードファイバ2bを接続する。GIF3の長さは、長さが4分の1ピッチのGIF3aとGIF3bを接続したから、2分の1ピッチとなる。

[0040] 上記のようにしてGIF3を構成すると、光の入射側のSMF2aと接続されているGIF3aの接続部4aではMFDがほぼ同じであるため接続損失が生じない。また、MFDが徐々に拡大してGIF3aとGIF3bとの接続部4bでは最も拡大されたMFDとなり、この接続部においてもMFDはほぼ等しくなるので接続損失が生じない。そしてGIF3bのMFDは徐々に減少して光の出射側のSMF2bと接続されるが、この接続部4cは伝送用の通常のSMFとほぼ等しいMFDとなっている。故に、ここでも接続損失が生じることがない。なお、図1はMFDの状況を説明しやすいように模式的に表しており、以下も同様とする。

[0041] 以上のように、光ファイバ伝送路の途中にMFDの大きい部分が挿入されているので、たとえファイバヒューズ現象が発生して延焼が始まったとしても、このMFDの大きい部分で延焼が拡散する。故に、ファイバヒューズ現象で生じる延焼を遮断することができる。

[0042] 図2は本発明の光ファイバ伝送路においてファイバヒューズ現象を遮断する状況を模式的に説明するための図である。なお図1に示した部分と対応する箇所には同一の符号を付けた。他の図面についても同様である。

[0043] 図2において、伝送用SMF2a、2bの途中にGIF3が挿入された光ファイバ伝送路1に、光送信機や光増幅器等の光源5から矢印のように光が入射される。この伝送路中で何らかの原因でファイバヒューズ現象6が発生した場合には、太い矢印で示したように光源5側に向かって延焼する。しかし本発明のGIF3を伝送路の途中に挿入しておけば、そこでファイバヒューズ現象6は遮断される。これにより、延焼が光源に達

することがなくなり、伝送路の光ファイバや機器類の安全を確保することができる。

[0044] ここで、GIF3の長さは2分の1ピッチであることが好ましい。この理由はつぎの通りである。GIFは4分の1ピッチの長さで最もMFDが大きくなる。従って、GIF3を構成するGIF3aの長さやGIF3bの長さを、ともに4分の1ピッチに設定すれば、最も効率よくMFDを拡大でき、ファイバヒューズ現象で生じる延焼の遮断に効果がある。

[0045] なお、図3に示すように、GIF3を伝送路の途中に複数本直列に接続して挿入してもよい。このようにして光ファイバ伝送路を構成すると、より確実にファイバヒューズ現象で生じる延焼を防止することができる。

[0046] また、GIF3を構成する、GIF3aあるいはGIF3bは、4分の1ピッチの長さにおいて、MFDの値が最も大きくなる。このMFDの値は $15\mu\text{m}$ ～ $85\mu\text{m}$ であることが好ましい。この理由は次のとおりである。 $15\mu\text{m}$ 未満ではMFDの拡大が十分ではなく、ファイバヒューズ現象を確実に遮断できない。 $85\mu\text{m}$ を超えた場合にはMFDよりもGIFのコア径が小さくなる場合が発生し、接続損失が大きくなる虞がある。

[0047] 特に接続損失を安定的に生じにくくするためには、上記MFDの値は $15\mu\text{m}$ ～ $65\mu\text{m}$ であることが、よりいっそう好ましい。

[0048] GIFのコア径はMFDの1.5倍以上、好ましくは2倍以上あるとよい。この理由は、MFDがコア内に収まらない場合には光の伝搬状態が劣化する虞があるからである。図4に示すように通常モードフィールド分布はMFDの2倍程度に広がっている(本図ではMFDが $20\mu\text{m}$ の例を示している)。モードフィールド分布をコア内に収めるためには、少なくともMFDの1.5倍以上、好ましくは2倍以上必要である。

[0049] 次に本発明のさらに他の実施例を説明する。図5はGIF3の間にMFDが拡大されたSMF7を挿入したものである。このような構成を採用すると、MFDの拡大が安定してファイバヒューズ現象で生じる延焼の遮断がより確実に行えるようになる。

[0050] MFDが拡大されたSMFは、例えば、コア径が大きく比屈折率差の小さいステップインデックスファイバ、実効コア径が大きいフォトニック結晶ファイバ、あるいはホーリーファイバである。

[0051] 上記したような図1、図3あるいは図5に示す実施例では、GIFは光ファイバ伝送路の間に融着接続されて挿入されている。GIF3の外径が伝送用SMF2a、2bの外径と

等しいと、融着接続が効率よく行える。しかし、外径は特に限定されるものではない。GIFと伝送用SMFとの外径が異なっていたとしても、接続損失に悪影響を与えない限り差し支えない。

- [0052] 次に、本発明のさらに他の実施例を説明する。本実施例は、GIFをコネクタ内に収納して、光ファイバ伝送路の途中でそのGIFを光ファイバにコネクタ接続したものである。図6は、例えば、SMF2aとGIF3aを融着接続する。GIF3aの構成は図1または図5で説明した。MFD拡大SMF7をコネクタ8のフェルルール9に挿入した。フェルルール9とアダプタ10とをコネクタ接続した。アダプタ10のもう一方の側にも、同様の構成の本実施例のコネクタを接続することができる。この結果、ファイバヒューズ現象で生じる延焼を防止する機能を有した、コネクタ同士の接続も容易に実現することができる。
- [0053] 図7は光ファイバ伝送路をコネクタ同士の接続で実現したものの断面図で、コネクタ端面(フェルルール端面)のそれぞれのMFDの状況を、下側にグラフで示した。図7はMFD拡大SMF同士を接続した例である。通常のSMF2a、2bにそれぞれGIF3a、3aが接続されている。さらにGIF3a、3aに、MFDが拡大されたSMF7a、7bが接続されている。これらがコネクタ8a、8のフェルルール9a、9bに挿入され、アダプタ10に接続されている。
- [0054] 図8はフェルルール端面が通常のMFDを有するSMF同士の接続を示している断面図である。通常のSMF2a(2b)に、GIF3a、3bが接続されている。さらに、GIF3a、3bに、通常のMFDを有するSMF11a、11bが接続されている。これらがフェルルール9a、9bに挿入され、アダプタ10に接続されている。
- [0055] 図9は、GIFのMFDが拡大された側の端面に、このMFDよりも小さいMFDを有するSMFを接続した例を示した図である。通常のSMF2a(2b)にGIF3a、3aが接続されている。さらに、このGIF3aにGIF3aの端面のMFDよりも小さいMFDを有するSMF12a、12bが接続されている。これらが、フェルルール9a、9bに挿入され、アダプタ10に接続されている。
- [0056] 以上のように、さまざまな形態の接続方法を採用して、ファイバヒューズ現象で生じる延焼を防止できる光ファイバ伝送路を提供できる。もちろん上記の実施の形態に限

定されるものではなく、例えばV溝によるメカニカル接続や、光スイッチあるいは光アイソレータを用いた接続等、本発明の目的に適うならば、その接続方法について種々の変更が可能である。

実施例 1

[0057] 図1の実施例の構成を有し、MFDを最大 $40\mu\text{m}$ に拡大した、コア径 $60\mu\text{m}$ のGIFを、光ファイバに挿入したものである。この光ファイバ伝送路に、波長 1550nm 、光パワー 3W のラマンアンプから、光信号を送信したら、ファイバヒューズ現象が発生した。この時の伝送用SMFのMFDは $10\mu\text{m}$ であった。光源に向かってファイバヒューズ現象による延焼が始まったがこの延焼はGIFにおいて遮断された。

[0058] なお、ファイバヒューズ現象が生じていない状態における、伝送用SMF2aとGIF3a、GIF3aとGIF3b、GIF3bと伝送用SMF2bの接続損失は、合計でも 0.1dB 以下であった。

実施例 2

[0059] 図5の実施例の構成を有し、MFDを最大 $30\mu\text{m}$ に拡大した、コア径 $45\mu\text{m}$ のGIFと、MFD拡大SMFとを光ファイバに挿入したものである。この光ファイバ伝送路に、波長 1050nm 、光パワー 2W のYAGレーザから光信号を送信したら、ファイバヒューズ現象が発生した。この時の伝送用SMFのMFDは $8\mu\text{m}$ であった。光源に向かってファイバヒューズ現象による延焼が始まったが、この延焼はMFD拡大SMFにおいて遮断された。

[0060] なお、本実施例では、伝送用SMFとして、NSP(Non-Strippable Primary coating) SMFを用いた。このSMFとGIFとの間をV溝によりメカニカル接続し、ファイバ端面にはマッチングオイルを塗布した。ファイバヒューズ現象が生じていない状態での、伝送用SMF2aとGIF3a、GIF3aとMFD拡大SMF7、MFD拡大SMF7とGIF3a、GIF3aと伝送用SMF2bの接続損失は、合計でも 0.1dB 以下であった。

実施例 3

[0061] 図7の実施例の構成を有し、MFDを最大 $50\mu\text{m}$ に拡大したコア径 $100\mu\text{m}$ のGIFと、MFD拡大SMFからなるファイバヒューズ現象遮断部分を、アダプタに代えて光スイッチに接続した。光スイッチの反対側にも、同様にして、MFDを最大 $50\mu\text{m}$ に拡

大したGIFと、MFD拡大SMFからなるファイバヒューズ現象遮断部分を接続した。この光ファイバ伝送路に、波長1550nmであって、光パワー4Wのフェムト秒レーザから光信号を送ったところ、ファイバヒューズ現象が発生した。この時の伝送用SMFのMFDは $7.5\mu\text{m}$ であった。光源に向かってファイバヒューズ現象による延焼が始まったが、この延焼は光スイッチの手前で遮断された。

- [0062] なお、ファイバヒューズ現象が生じていない状態での、伝送用SMF2aとGIF3a、GIF3aとMFD拡大SMF7a、MFD拡大SMF7aと光スイッチ、光スイッチとMFD拡大SMF7b、MFD拡大SMF7bとGIF3a、GIF3aと伝送用SMF2bの接続損失は、合計でも0.1dB以下であった。光スイッチは波長1550nmで駆動電圧0、10Vで0.5、25dBのものを用いた。

実施例 4

- [0063] 図8の実施例の構成を有し、MFDを最大 $20\mu\text{m}$ に拡大したコア径 $45\mu\text{m}$ のGIFと、MFD拡大SMFからなる、一対のファイバヒューズ現象遮断部分を、アダプタに代えて光アイソレータにより接続した。この光ファイバ伝送路に、波長1550nm、光パワー1.5WのDFB(Distributed FeedBack)レーザから光信号を送ったところ、ファイバヒューズ現象が発生した。この時の伝送用SMFのMFDは $10\mu\text{m}$ であった。光源に向かってファイバヒューズ現象による延焼が始まったが、この延焼は光アイソレータの手前で遮断された。本実施例では伝送用SMFにHNA(High Numerical Aperture)SMFを用いた。
- [0064] なお、ファイバヒューズ現象が生じていない状態での、伝送用SMF2aとGIF3a、GIF3aとMFD拡大SMF7a、MFD拡大SMF7aと光アイソレータ、光アイソレータとMFD拡大SMF7b、MFD拡大SMF7bとGIF3a、GIF3aと伝送用SMF2bの接続損失は、合計でも0.1dB以下であった。光アイソレータは挿入損失1dB、アイソレーションが42dBのものを用いた。

実施例 5

- [0065] 図9の実施例の構成を有し、MFDを最大 $34\mu\text{m}$ に拡大したコア径 $86\mu\text{m}$ のGIFと、MFDが $10\mu\text{m}$ のSMFにより、一対のファイバヒューズ現象遮断部分を構成し、これらを相互に光アイソレータにより接続した。この光ファイバ伝送路に、波長1550nm

、光パワー2Wのラマンアンプから光信号を伝送したところ、ファイバヒューズ現象が発生した。この時の伝送用SMFのMFDは $10\mu\text{m}$ であった。光源に向かってファイバヒューズ現象による延焼が始まったが、この延焼は光アイソレータの手前で遮断された。本実施例ではMFDの小さいSMFとして一般用の伝送用SMFを用いた。

[0066] なお、ファイバヒューズ現象が生じていない状態での、伝送用SMF2aとGIF3a、GIF3aとSMF12a、SMF12aと光アイソレータ、光アイソレータとSMF12b、SMF12bとGIF3a、GIF3aと伝送用SMF2bの接続損失は、合計でも0.1dB以下であった。光アイソレータは挿入損失1dB、アイソレーションが42dBのものを用いた。

請求の範囲

- [1] 所定の屈折率を有するコアとその周囲の前記コアよりも屈折率の低いクラッドとからなるシングルモードファイバにより構成される伝送路の途中に、1本または複数本のグレーデッドインデックスファイバが挿入されていることを特徴とする光ファイバ伝送路。
- [2] 前記グレーデッドインデックスファイバは前記光ファイバ伝送路の途中において、前記シングルモードファイバに融着接続されていることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ伝送路。
- [3] 前記挿入されたグレーデッドインデックスファイバは、光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大し、その後、光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少していることを特徴とする請求項1に記載の光ファイバ伝送路。
- [4] 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大し、前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは、光のモードフィールド径が伝送路に沿って周期的に変化するときの1周期分の伝送路長を1ピッチと呼ぶとき、2分の1ピッチであることを特徴とする請求項3記載の光ファイバ伝送路。
- [5] 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバの長さ、及び、前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは、それぞれ4分の1ピッチであることを特徴とする請求項4記載の光ファイバ伝送路。
- [6] 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバと前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの間に、モードフィールド径が拡大されたシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする請求項3に記載の光ファイバ伝送路。
- [7] 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバと前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの間に、前記拡大したグレーデッドインデックスファイバのモードフィールド径よりも小さいモードフィールド径を有するシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする請求項3に記載の光ファイバ伝送路。

- [8] 前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は $15\sim 85\mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする請求項3に記載の光ファイバ伝送路。
- [9] 前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は $15\sim 65\mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする請求項8記載の光ファイバ伝送路。
- [10] 前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は、前記光の入射側から4分の1ピッチの長さの場所における、当該グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径の1.5倍以上であることを特徴とする請求項3に記載の光ファイバ伝送路。
- [11] 前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は、前記光の入射側から4分の1ピッチの長さの場所における、当該グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径の2倍以上であることを特徴とする請求項10記載の光ファイバ伝送路。
- [12] 前記グレーデッドインデックスファイバは前記光ファイバ伝送路の途中において、前記シングルモードファイバにコネクタを介して接続されていることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ伝送路。
- [13] 前記挿入されたグレーデッドインデックスファイバは、光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大し、その後、光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少していることを特徴とする請求項12に記載の光ファイバ伝送路。
- [14] 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大し、前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは、光のモードフィールド径が伝送路に沿って周期的に変化するときの1周期分の伝送路長を1ピッチと呼ぶとき、2分の1ピッチであることを特徴とする請求項13記載の光ファイバ伝送路。
- [15] 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバの長さ、及び、前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは、それぞれ4分の1ピッチであることを特徴とする請求項14記載の光ファイバ伝送路。
- [16] 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバと前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレー

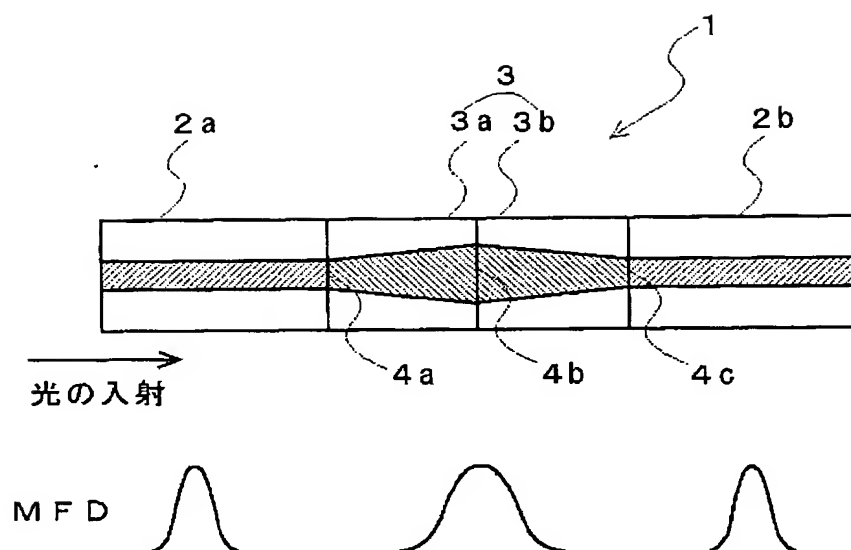
デッドインデックスファイバの間に、モードフィールド径が拡大されたシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする請求項13に記載の光ファイバ伝送路。

- [17] 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバと前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの間に、前記拡大したグレーデッドインデックスファイバのモードフィールド径よりも小さいモードフィールド径を有するシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする請求項13に記載の光ファイバ伝送路。
- [18] 前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は $15\sim 85\mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする請求項13に記載の光ファイバ伝送路。
- [19] 前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は $15\sim 65\mu\text{m}$ の範囲にあることを特徴とする18に記載の光ファイバ伝送路。
- [20] 前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は、前記光の入射側から4分の1ピッチの長さの場所における、当該グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径の1.5倍以上であることを特徴とする請求項13に記載の光ファイバ伝送路。
- [21] 前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は、前記光の入射側から4分の1ピッチの長さの場所における、当該グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径の2倍以上であることを特徴とする請求項20に記載の光ファイバ伝送路。
- [22] 前記グレーデッドインデックスファイバは前記光ファイバ伝送路の途中において、前記シングルモードファイバにV溝を介して接続されていることを特徴とする請求項1に記載の光ファイバ伝送路。
- [23] 前記挿入されたグレーデッドインデックスファイバは、光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大し、その後、光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少していることを特徴とする請求項22に記載の光ファイバ伝送路。
- [24] 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大し、前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは、光のモードフィールド径が伝送路に沿って周期的に変化するときの1周期分の伝送路長を1ピッチと呼ぶとき、2分の1ピッチであることを特徴とする請求項23に記載の

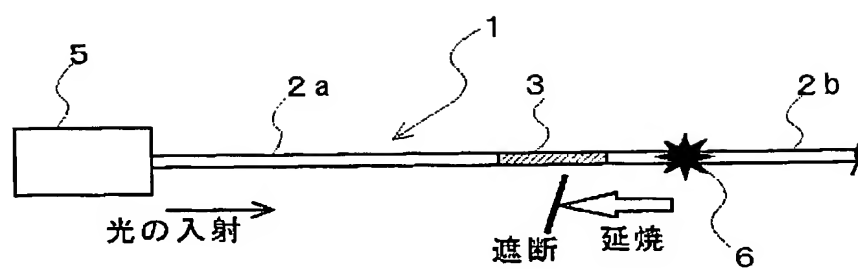
光ファイバ伝送路。

- [25] 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバの長さ、及び、前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの長さは、それぞれ4分の1ピッチであることを特徴とする請求項24記載の光ファイバ伝送路。
- [26] 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバと前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの間に、モードフィールド径が拡大されたシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする請求項23に記載の光ファイバ伝送路。
- [27] 前記光の入射側からモードフィールド径が次第に拡大したグレーデッドインデックスファイバと前記光の出射側に向けてモードフィールド径が次第に減少しているグレーデッドインデックスファイバの間に、前記拡大したグレーデッドインデックスファイバのモードフィールド径よりも小さいモードフィールド径を有するシングルモードファイバが挿入されていることを特徴とする請求項23に記載の光ファイバ伝送路。
- [28] 前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は15ー85 μm の範囲にあることを特徴とする請求項23に記載の光ファイバ伝送路。
- [29] 前記グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径は15ー65 μm の範囲にあることを特徴とする請求項28記載の光ファイバ伝送路。
- [30] 前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は、前記光の入射側から4分の1ピッチの長さの場所における、当該グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径の1.5倍以上であることを特徴とする請求項23に記載の光ファイバ伝送路。
- [31] 前記グレーデッドインデックスファイバのコア径は、前記光の入射側から4分の1ピッチの長さの場所における、当該グレーデッドインデックスファイバの拡大したモードフィールド径の2倍以上であることを特徴とする請求項30記載の光ファイバ伝送路。

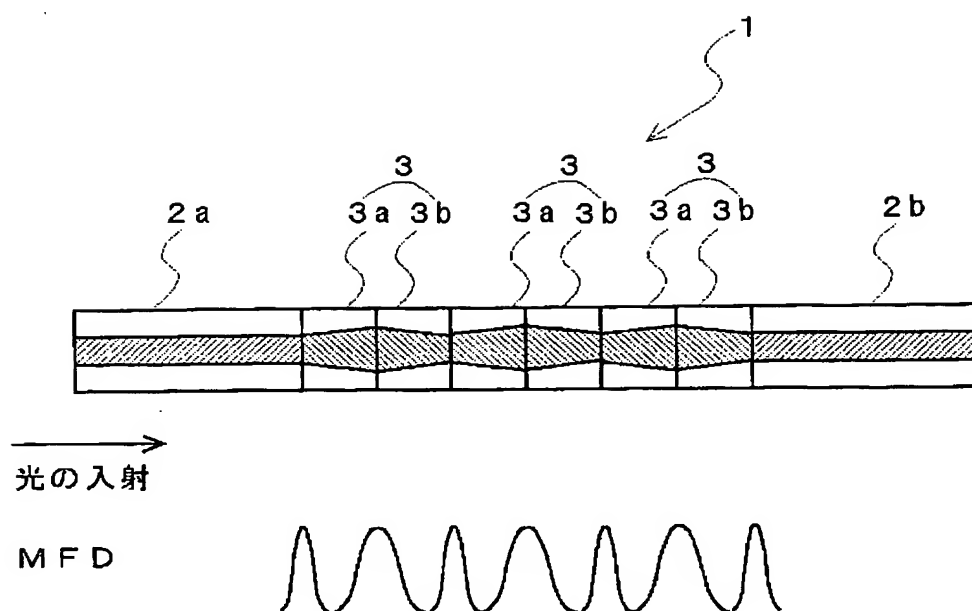
[図1]



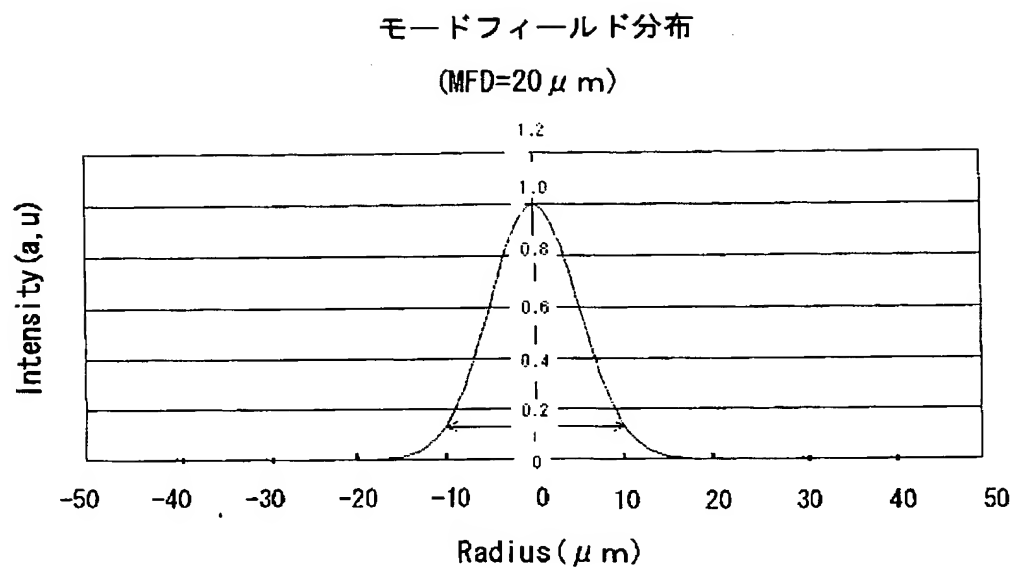
[図2]



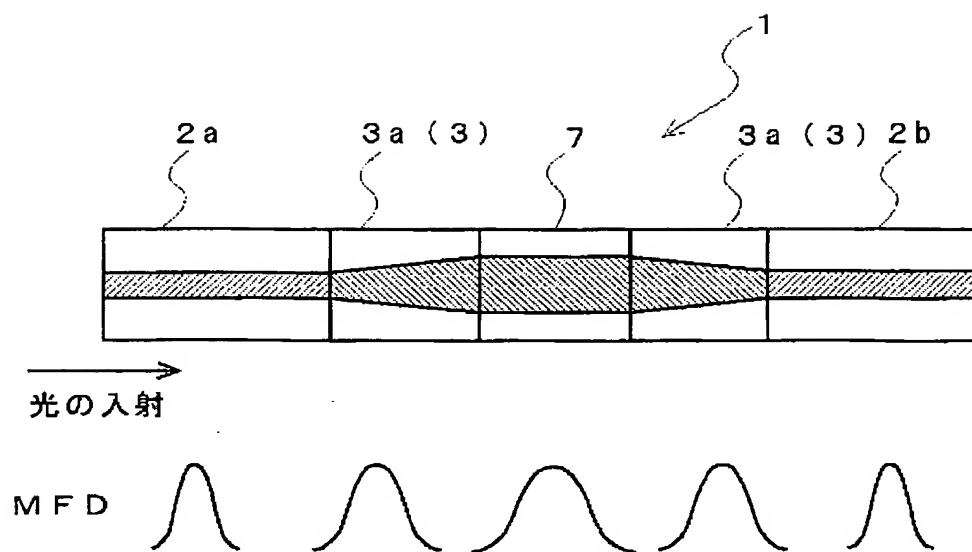
[図3]



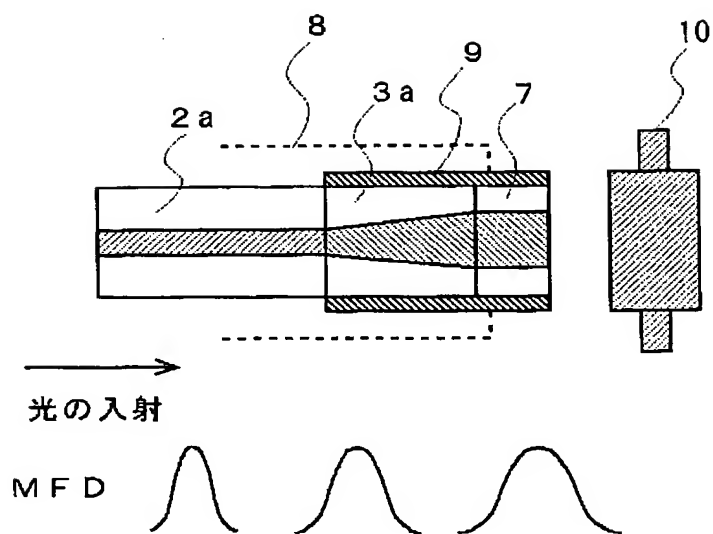
[図4]



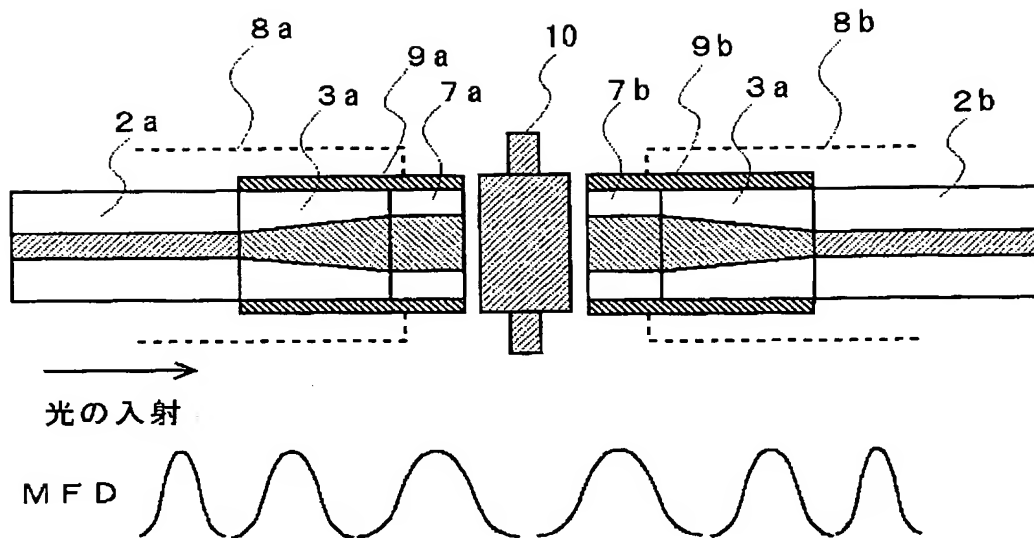
[図5]



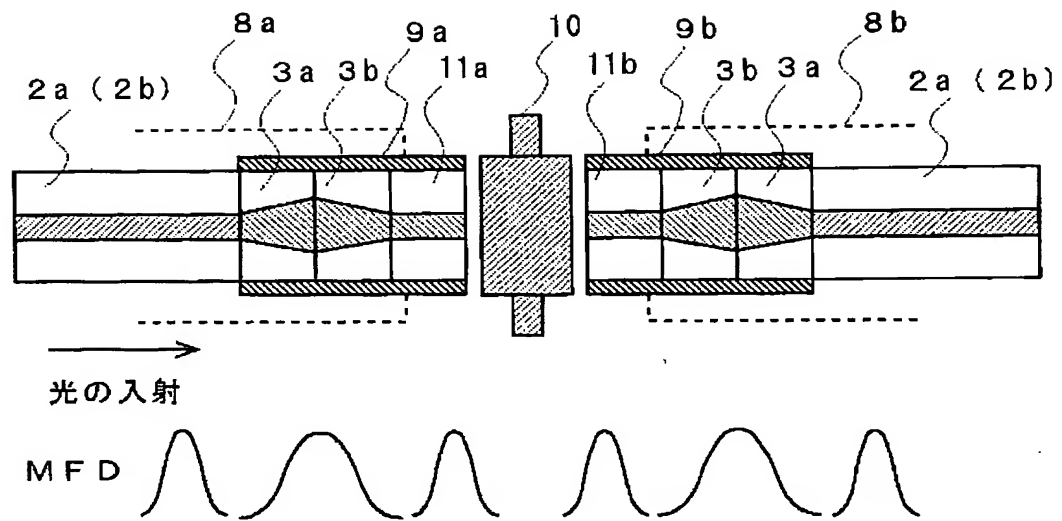
[図6]



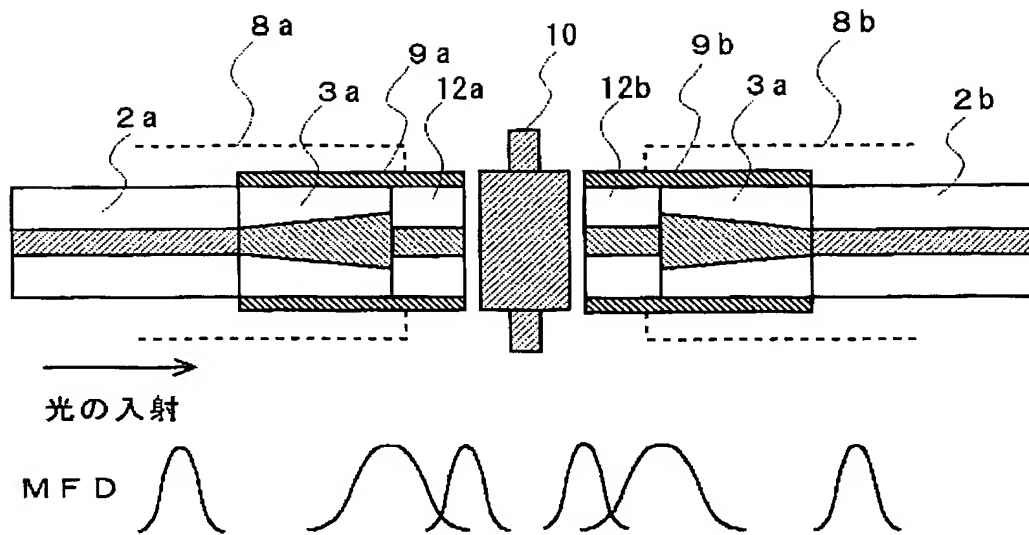
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012082

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

A matter common to claims 1-31 is a fiber optics transmission line described in claim 1. However, the above common matter is well known and is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, since it makes no contribution over the prior art. Accordingly, there exists no special technical matter common to all the claims 1-31. Therefore, it is clear that claims 1-31 do not fulfill the unity of invention.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012082

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G02B6/10, G02B6/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B6/00-6/54, H01S3/00-3/30, H04B10/00-10/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI (DIALOG), INSPEC (DIALOG), JOIS (JICST FILE)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2003-131066 A (Kyocera Corp.), 08 May, 2003 (08.05.03), Par. Nos. [0038], [0039], [0044] to [0050]; Figs. 1, 3 to 5 (Family: none)	1-3, 6-13, 16-23, 26-31 4, 5, 14, 15, 24, 25
Y		
X	JP 4-21803 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 24 January, 1992 (24.01.92), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-3, 6-13, 16-23, 26-31 4, 5, 14, 15, 24, 25
Y		

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 October, 2004 (26.10.04)

Date of mailing of the international search report
16 November, 2004 (16.11.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012082

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5841583 A (CORNING INC.), 24 November, 1998 (24.11.98),	1-3, 6-13, 16-23, 26-31
Y	Column 3, line 46 to column 4, line 25; column 7, line 49 to column 8, line 37; Figs. 1, 10 & WO 1997/29392 A1 & EP 879433 A & US 6046854 A & US 6317265 B1 & US 2002/5989 A1	4, 5, 14, 15, 24, 25
X	JP 5-157931 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.),	1-3, 6-13, 16-23, 26-31
Y	25 June, 1993 (25.06.93), Par. No. [0027]; Figs. 1 to 6 (Family: none)	4, 5, 14, 15, 24, 25
X	JP 6-258554 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.),	1-3, 6-13, 16-23, 26-31
Y	16 September, 1994 (16.09.94), Par. Nos. [0021], [0022]; Figs. 6, 7 (Family: none)	4, 5, 14, 15, 24, 25
X	JP 2002-372636 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.),	1-3, 6-13, 16-23, 26-31
Y	26 December, 2002 (26.12.02), Par. No. [0034]; Figs. 1 to 7 (Family: none)	4, 5, 14, 15, 24, 25
X	JP 5-88022 A (Kyocera Corp.), 09 April, 1993 (09.04.93),	1-3, 6-13, 16-23, 26-31
Y	Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	4, 5, 14, 15, 24, 25
Y	JP 2002-323639 A (NEC Corp.), 08 November, 2002 (08.11.02), Par. No. [0029]; Fig. 3 & US 2002/159694 A1	4, 5, 14, 15, 24, 25
Y	US 5588078 A (JDS FITELE INC.), 24 December, 1996 (24.12.96), Column 4, lines 1 to 27; Fig. 1 & WO 1995/16216 A1 & EP 733222 A	4, 5, 14, 15, 24, 25
Y	US 2002/114554 A1 (MARONEY, A.V.), 22 August, 2002 (22.08.02), Par. Nos. [0048] to [0052]; Fig. 3 (Family: none)	1-31
Y	JP 2002-214469 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 31 July, 2002 (31.07.02), Full text; Figs. 1 to 11 (Family: none)	1-31

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012082

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-228353 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 24 August, 2001 (24.08.01), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-31
Y	JP 4-98206 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 30 March, 1992 (30.03.92), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1-31
A	JP 2001-235637 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 31 August, 2001 (31.08.01), Par. Nos. [0028] to [0032]; Fig. 4 & US 2001/17971 A1	7,17,27
P,X	JP 2004-134660 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 30 April, 2004 (30.04.04), Par. Nos. [0035] to [0037]; Fig. 6 (Family: none)	1-31
P,X	JP 2004-86127 A The Furukawa Electric Co., Ltd.), 18 March, 2004 (18.03.04), Par. No. [0020]; Fig. 7 (Family: none)	1-31
P,X	JP 2004-77658 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 11 March, 2004 (11.03.04), Par. No. [0013]; Figs. 3 to 6 (Family: none)	1-31
P,X	JP 2004-61830 A (Showa Electric Wire & Cable Co., Ltd.), 26 February, 2004 (26.02.04), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1-3,6-13, 16-23,26-31

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-31に共通の事項は、請求の範囲1に記載された光ファイバ伝送路である。しかしながら、前記共通の事項は周知であり、先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味における特別な技術的事項ではない。それ故、請求の範囲1-31の全てに共通の特別な技術的事項はない。従って、請求の範囲1-31は、発明の単一性を満たしていないことが明らかである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

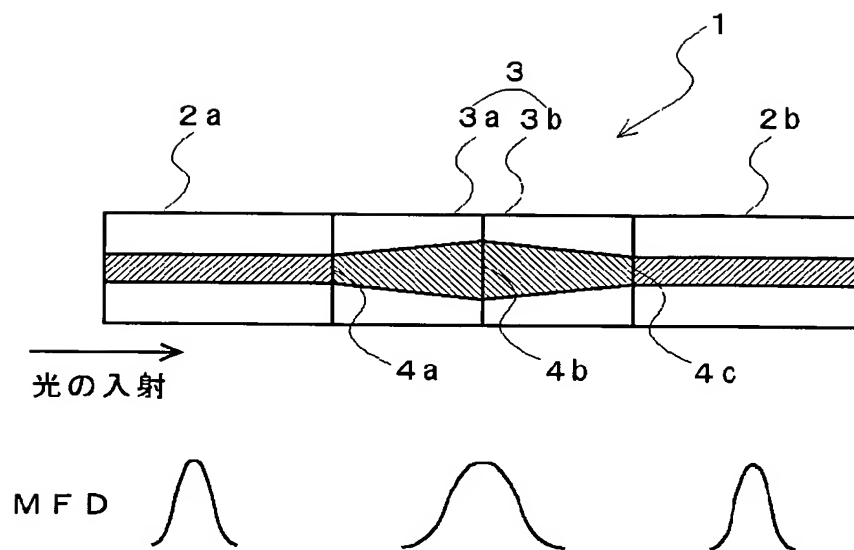
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G02B6/10, G02B6/24		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G02B6/00-6/54, H01S3/00-3/30, H04B10/00-10/28		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
WPI (DIALOG), INSPEC (DIALOG), JOIS (JICSTファイル)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2003-131066 A (京セラ株式会社) 2003.05.08 段落【0038】，【0039】，【0044】 - 【0050】，第1,3-5図	1-3,6-13, 16-23,26-31
Y	(ファミリーなし)	4,5,14, 15,24,25
X	JP 4-21803 A (住友電気工業株式会社) 1992.01.24 全文，第1-6図 (ファミリーなし)	1-3,6-13, 16-23,26-31
Y		4,5,14, 15,24,25
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		
の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
26.10.2004	16.11.2004	
国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官 (権限のある職員)	2K 9813
日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	高 芳徳	
	電話番号 03-3581-1101. 内線 3253	

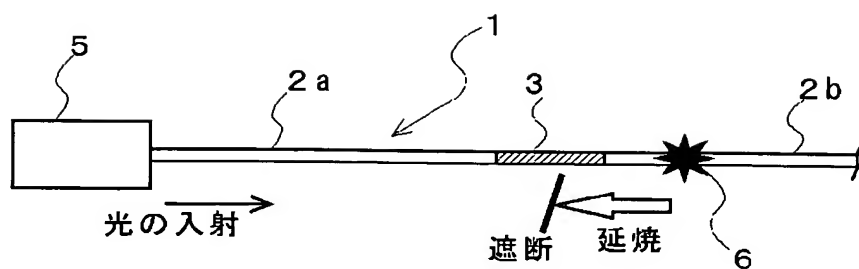
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	US 5841583 A (CORNING INCORPORATED) 1998. 11. 24	1-3, 6-13,
Y	第3欄第46行-第4欄第25行, 第7欄第49行-第8欄第37行, 第1, 10図 & WO 1997/29392 A1 & EP 879433 A & US 6046854 A & US 6317265 B1 & US 2002/5989 A1	16-23, 26-31 4, 5, 14, 15, 24, 25
X	JP 5-157931 A (住友電気工業株式会社) 1993. 06. 25	1-3, 6-13,
Y	段落【0027】, 第1-6図 (ファミリーなし)	16-23, 26-31 4, 5, 14, 15, 24, 25
X	JP 6-258554 A (住友電気工業株式会社) 1994. 09. 16	1-3, 6-13,
Y	段落【0021】, 【0022】, 第6, 7図 (ファミリーなし)	16-23, 26-31 4, 5, 14, 15, 24, 25
X	JP 2002-372636 A (日本電信電話株式会社) 2002. 12. 26	1-3, 6-13,
Y	段落【0034】, 第1-7図 (ファミリーなし)	16-23, 26-31 4, 5, 14, 15, 24, 25
X	JP 5-88022 A (京セラ株式会社) 1993. 04. 09	1-3, 6-13,
Y	全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	16-23, 26-31 4, 5, 14, 15, 24, 25
Y	JP 2002-323639 A (日本電気株式会社) 2002. 11. 08	4, 5, 14,
	段落【0029】, 第3図 & US 2002/159694 A1	15, 24, 25
Y	US 5588078 A (JDS FITEL INC.) 1996. 12. 24	4, 5, 14,
	第4欄第1-27行, 第1図 & WO 1995/16216 A1 & EP 733222 A	15, 24, 25
Y	US 2002/114554 A1 (MARONEY, A. V.) 2002. 08. 22	1-31
	段落【0048】-【0052】, 第3図 (ファミリーなし)	
Y	JP 2002-214469 A (日本電信電話株式会社) 2002. 07. 31	1-31
	全文, 第1-11図 (ファミリーなし)	
Y	JP 2001-228353 A (日本電信電話株式会社) 2001. 08. 24	1-31
	全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	
Y	JP 4-98206 A (日本電信電話株式会社) 1992. 03. 30	1-31
	全文, 第1-7図 (ファミリーなし)	
A	JP 2001-235637 A (住友電気工業株式会社) 2001. 08. 31	7, 17, 27
	段落【0028】-【0032】, 第4図 & US 2001/17971 A1	

P, X	JP 2004-134660 A (古河電気工業株式会社) 2004. 04. 30 段落【0035】 - 【0037】 , 第6図 (ファミリーなし)	1-31
P, X	JP 2004-86127 A (古河電気工業株式会社) 2004. 03. 18 段落【0020】 , 第7図 (ファミリーなし)	1-31
P, X	JP 2004-77658 A (日本電信電話株式会社) 2004. 03. 11 段落【0013】 , 第3-6図 (ファミリーなし)	1-31
P, X	JP 2004-61830 A (昭和電線電纜株式会社) 2004. 02. 26 全文, 第1-7図 (ファミリーなし)	1-3, 6-13, 16-23, 26-31

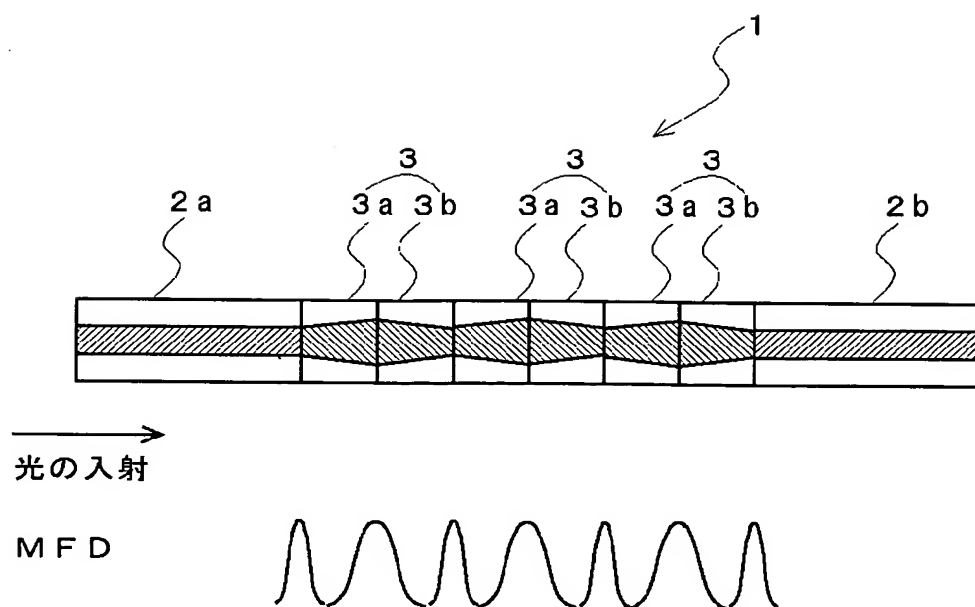
[図1]



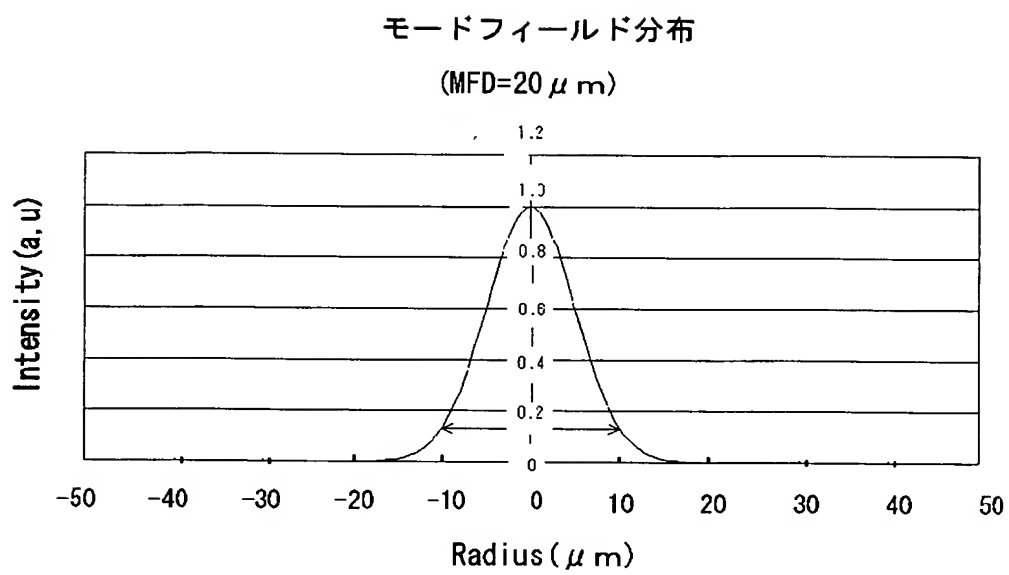
[図2]



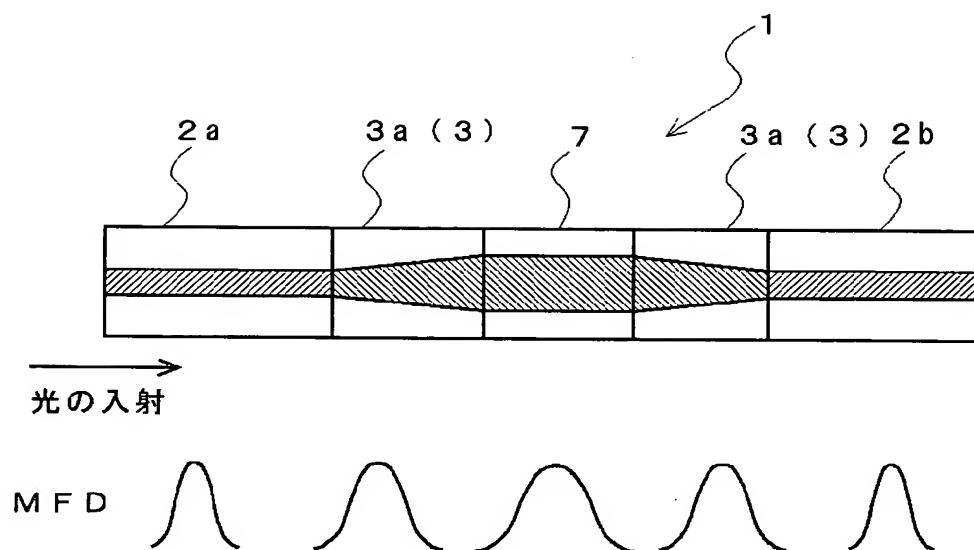
[図3]



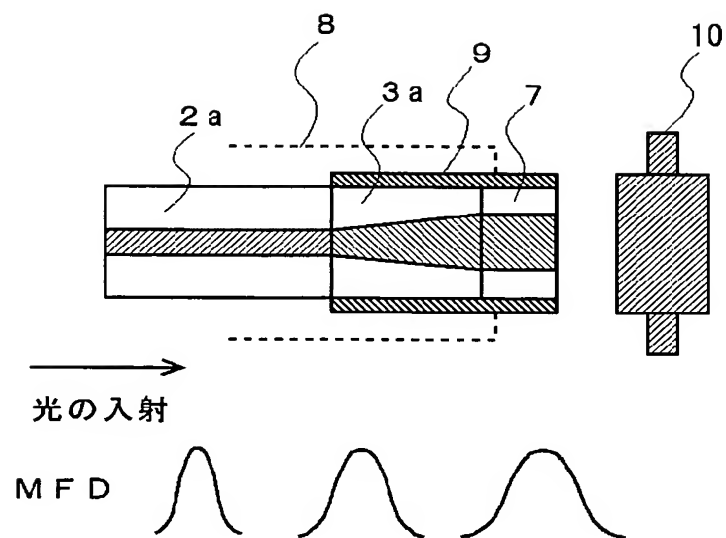
[図4]



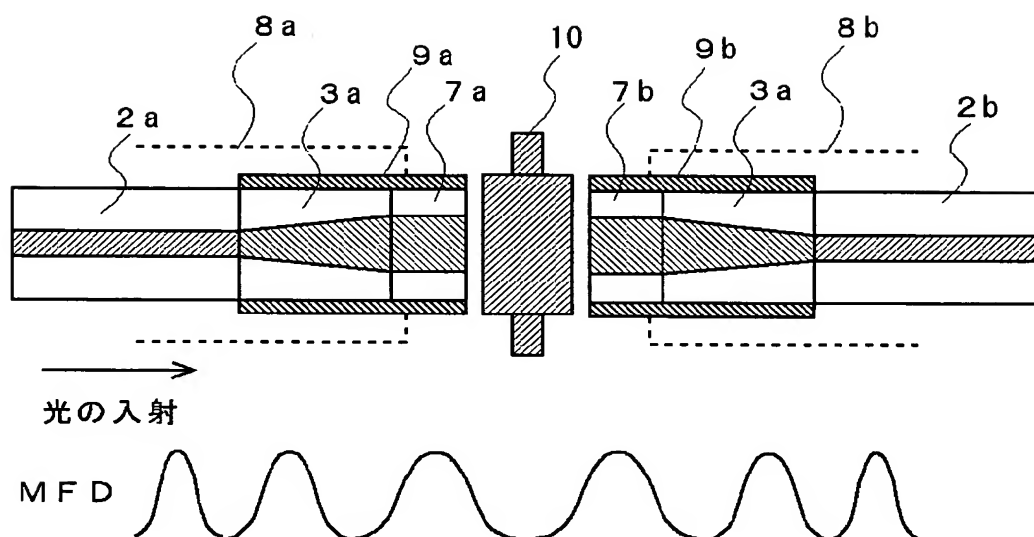
[図5]



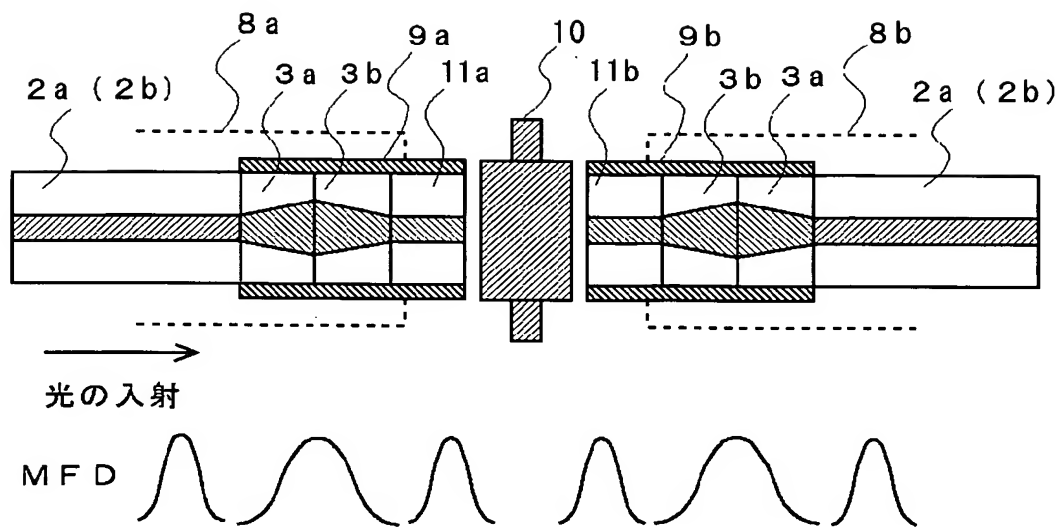
[図6]



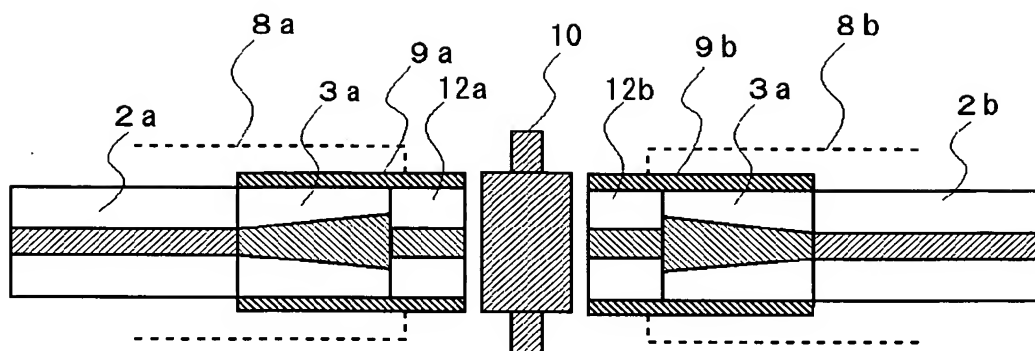
[図7]



[図8]



[図9]



→
光の入射

M F D

